

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
27. September 2001 (27.09.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/71184 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F03D 11/04**,
E04H 12/08

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/02558

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. März 2000 (23.03.2000)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **DEWIND TECHNIK GMBH** [DE/DE]; Seeland-
strasse 9, D-23569 Lübeck (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHIPPMANN, Hugo, L.** [DE/DE]; Huxstrasse 107, D-23552 Lübeck (DE). **MAACK, Peter** [DE/DE]; Schloezerstrasse 3, D-23568 Lübeck (DE). **SCHNEIDER, Sven** [DE/DE]; Von Behringstrasse 75 A, D-42549 Velwert (DE).

(74) Anwalt: **VONNEMANN, Gerhard**; An der Alster 84, D-20099 Hamburg (DE).

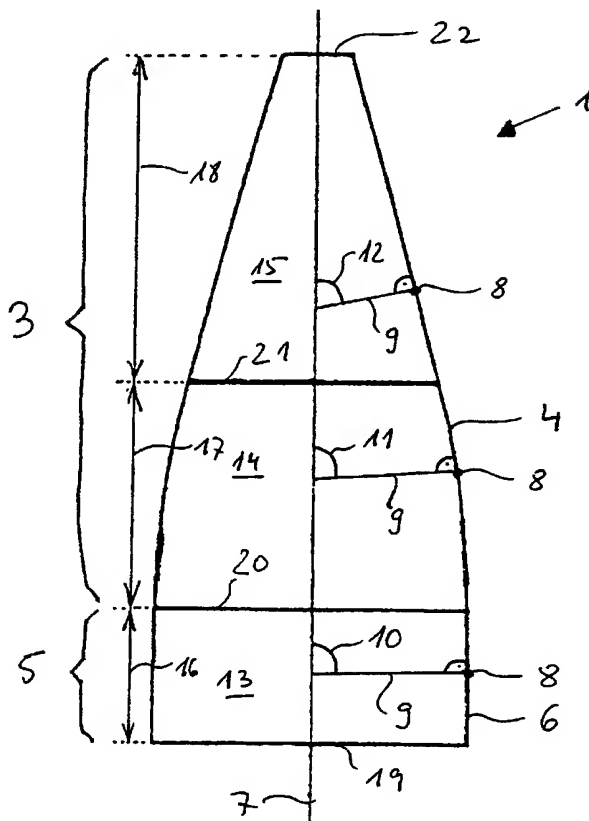
(81) Bestimmungsstaat (national): US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: TOWER FOR WIND POWER INSTALLATIONS

(54) Bezeichnung: TURM FÜR WINDENERGIEANLAGEN



(57) Abstract: The invention relates to a tower (1) for wind power installations on which at least one rotor (2), which can be driven by the wind, can be rotatably mounted. The inventive tower has a particularly low mass with regard to the load capacity, stability and rigidity thereof when it comprises an upwardly tapering tower section (3) with a bulged outer wall (4) having a convex longitudinal section.

(57) Zusammenfassung: Ein Turm (1) für Windenergieanlagen, an dem zumindest ein vom Wind antreibbarer Rotor (2) drehbar gelagert werden kann, hat in Bezug auf seine Tragkraft, Stabilität und Steifigkeit eine besonders geringe Masse, wenn er einen sich nach oben hin verjüngenden Turmabschnitt (3) mit bauchiger, im Längsschnitt konvexer Aussenwand (4) besitzt.



WO 01/71184 A1



Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Turm für Windenergieanlagen

Die Erfindung betrifft einen Turm für Windenergieanlagen, an dem zumindest ein vom Wind antreibbarer Rotor drehbar gelagert werden kann.

- 5 An einen derartigen Turm für eine Windenergieanlage werden bzgl. Stabilität und Steifigkeit hohe Anforderungen gestellt. Der Turm muß nicht nur den Rotor tragen und die auf den Turm selbst und den Rotor bei starkem Wind einwirkende Windlast aufnehmen, sondern er
10 darf auch unter der dynamischen und periodischen Belastung des drehenden Rotors über lange Zeiträume keine Ermüdungserscheinungen zeigen. Desweiteren sollten seine Eigenschwingungsfrequenzen möglichst keine Harmonischen der vorherrschenden Rotordrehfrequenz sein,
15 um die Amplituden der Eigenschwingung möglichst klein zu halten.

- Bekannte Turmkonstruktionen bestehen aus einem Stahlrohr oder mehreren Stahlrohrsegmenten, wobei sich der Turmquerschnitt von unten nach oben linear verjüngt. Die
20 Außenwand des Turms hat dann im wesentlichen die Form eines Kegelmantels, dessen Spitze abgeschnitten ist. Dabei haben die Außenwände im Längsschnitt ein gerades Profil. Aufgrund des nach oben zur Turmspitze hin sich linear verkleinernden Durchmessers wird gegenüber einer
25 zylindrischen Turmform Gewicht eingespart und eine verhältnismäßige gute Stabilität erreicht.

- Aufgabe der Erfindung ist es, einen Turm für Windenergieanlagen anzugeben, der bei ausreichender Stabilität und Steifigkeit eine möglichst geringe
30 Gesamtmasse aufweist.

Die erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe sieht vor, dass der Turm mindestens einen sich nach oben verjüngenden Turmabschnitt mit bauchiger, im Querschnitt

konvexer Außenwand aufweist. Überraschenderweise hat sich herausgestellt, dass die erfindungsgemäße bauchige Form gegenüber der bekannten geraden Kegelmantelform bei vergleichbarer Stabilität und Steifigkeit eine
5 Gewichtseinsparung von 10 - 15% der gesamten Turmmasse ermöglicht. Daraus ergeben sich nicht nur Einsparungen bei den Materialkosten, sondern auch bei den Herstellungs- und Montagekosten.

10 In Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der genannte bauchige Turmabschnitt derart geformt ist, dass ein zwischen der Turmachse und einer Normalen auf die Außenwand gebildeter spitzer Winkel mit zunehmender Höhe des Bezugspunktes im wesentlichen stetig kleiner wird. Durch diese Maßnahme erhält man eine möglichst glatte
15 Außenwand, deren Gewicht im Verhältnis zur Stabilität besonders gering ist.

Eine abgewandelte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass der Turm zumindest einen weiteren sich nach oben verjüngenden Turmabschnitt mit im wesentlichen
20 kegelmantelförmiger Außenwand aufweist. Bei dieser Ausführungsform weist der Turm also nur abschnittsweise die erfindungsgemäße bauchige Form auf, während zumindest ein anderer Turmabschnitt auf herkömmliche Weise kegelmantelförmig ausgebildet ist. Auf diese Weise
25 lassen sich herkömmliche und besonders günstig zu beschaffende Turmabschnitte mit den erfindungsgemäßen Turmabschnitten kombinieren, wobei die herkömmlichen Turmabschnitte vorzugsweise dort anzuordnen sind, wo aus einer erfindungsgemäßen Formgebung nur geringfügige
30 Gewichtseinsparungen resultieren würden. Die erfindungsgemäßen Turmabschnitte sind vorzugsweise in Bereichen mit hohem Einsparungspotential einzuordnen.

Als besonders effektiv im Hinblick auf die der Erfindung zugrunde liegenden Aufgabe hat sich eine Ausführungsform

erwiesen, bei der der Turm zwei sich nach oben
verjüngende Turmabschnitte aufweist, wobei ein
Turmabschnitt mit im wesentlichen kegelmantelförmiger
Außenwand an seiner Oberseite in einen Turmabschnitt mit
5 bauchiger, im Querschnitt konvexer Außenwand übergeht,
so dass ein zwischen der Turmachse und einer Normalen
auf die Außenwand gebildeter spitzer Winkel im Bereich
des unteren Turmabschnitts mit zunehmender Höhe im
wesentlichen konstant bleibt und im mittleren
10 Turmabschnitt im wesentlichen stetig kleiner wird.

In Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, dass
der genannte spitze Winkel im unteren Turmabschnitt etwa
89,6° beträgt und im mittleren Abschnitt von etwa 89,6°
auf etwa 87,5° abnimmt.

15 Weiterhin wird empfohlen, dass bezogen auf eine Turmhöhe
von 65 m der Turmdurchmesser am Boden etwa 3,90 m , in
16,4 m Höhe etwa 3,78 m, in 38 m Höhe etwa 3,22 m und in
65 m Höhe etwa 2,15 m beträgt. Ein derartiges Turmprofil
führt zu Gewichtseinsparungen von ca. 12%.

20 Selbstverständlich ist das so definierte Turmprofil auch
für andere Turmhöhen vorteilhaft. Die Turmdurchmesser
müssen dann im Verhältnis zur Turmhöhe vergrößert oder
verkleinert werden.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird
25 vorgeschlagen, dass der Turm im wesentlichen aus drei
Stahlrohrsegmenten besteht, wobei bezogen auf eine
Turmhöhe von 65 m ein erstes Turmsegment vom Boden bis
in etwa 16,4 m reicht und den kegelmantelförmigen
Turmabschnitt bildet, an den sich der konvex-bauchige
30 Turmabschnitt anschließt, der aus einem zweiten
Turmsegment von etwa 21,6 m Länge und einem dritten
Turmsegment von etwa 27,0 m Länge besteht.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Die Figuren zeigen im einzelnen:

5 Figur 1: Eine schematische Darstellung einer Windenergieanlage mit Turm und Rotor;

Figur 2: Eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Turmprofils mit stark gespreizter Darstellung der Breite.

10 In Figur 1 erkennt man eine Windenergieanlage mit einem Turm 1 und einen vom Wind antreibbaren Rotor 2, der am Turm 1 drehbar gelagert ist.

15 Wie man am besten in der in horizontaler Richtung stark gespreizten Darstellung der Figur 2 erkennt, besitzt der Turm 1 einen sich nach oben hin verjüngenden oberen Turmabschnitt 3, der eine bauchige Außenwand 4 mit im dargestellten Längsschnitt konvexer Form aufweist. Ein unterer Turmabschnitt 5 besitzt eine Außenwand 6, die im wesentlichen kegelmantelförmig ausgebildet ist und sich ebenfalls nach oben hin verjüngt.

20 Im Bereich des unteren Turmabschnitts 5 ist ein zwischen der Turmachse 7 und einer durch einen Bezugspunkt 8 auf der Außenwand 6 verlaufenden Normalen 9 auf die Außenwand 6 gebildeter spitzer Winkel 10 mit zunehmender Höhe des Bezugspunktes 8 im wesentlichen gleichgroß.

25 Im Bereich des bauchigen Turmabschnitts 3 hingegen wird der spitze Winkel 11, 12 zwischen der Turmachse 7 und der durch einen Bezugspunkt 8 auf der Außenwand 4 verlaufenden Normalen 9 mit zunehmender Höhe des Bezugspunktes 8 stetig kleiner.

30 Während der spitze Winkel 10 im unteren Turmabschnitt 5 beim gezeigten Ausführungsbeispiel etwa $89,6^\circ$ beträgt,

haben die spitzen Winkel 11, 12 am Übergang zwischen dem unteren Turmabschnitt 5 und dem oberen Turmabschnitt 3 ebenfalls Werte von $89,6^\circ$, die nach oben hin im Bereich des eingezeichneten Winkels 11 zunächst stark und im weiteren Verlauf im Bereich des eingezeichneten Winkels 12 schwächer abnehmen, bis der spitze Winkel in der Nähe der Befestigungsstelle für den Rotor 2 Werte von etwa $87,5^\circ$ erreicht.

Der Turm 1 setzt sich aus drei Turmsegmenten 13, 14, 15 zusammen, von denen ein erstes Turmsegment 13 vom Boden 19 ausgehend eine Höhe 16 von 16,4 m erreicht und den kegelmantelförmigen Turmabschnitt 5 bildet. Der bauchige obere Turmabschnitt 3 wird von einem zweiten Turmsegment mit einer Höhe 17 von 21,6 m und einem darauf aufbauenden dritten Turmsegment 15 mit einer Höhe 18 von 27,0 m gebildet. Der Turm 1 erreicht somit eine Gesamthöhe von etwa 65 m.

Im Bereich der Unterseite 19 des ersten Turmsegments hat der Turm 1 einen Durchmesser von 3,90 m, im Übergangsbereich zwischen erstem Turmsegment 13 und zweitem Turmsegment 14, in 16,4 m Höhe 20 über dem Boden 19 hat der Turm 1 einen Durchmesser von 3,78 m. Im nächsten Übergangsbereich zwischen dem zweiten Turmsegment 14 und dem dritten Turmsegment 15, in etwa 38 m Höhe 21 hat der Turm 1 einen Durchmesser von 3,22 m. An der Oberseite 22 des dritten Turmsegments 15, in etwa 65 m Höhe erreicht der Turm 1 schließlich einen Durchmesser von 2,15 m.

Das Gewicht des erfindungsgemäßen bauchigen Turms 1 beträgt bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel ungefähr 68 t. Demgegenüber würde ein herkömmlicher Turm mit konstantem Konuswinkel bei gleicher Belastbarkeit eine Masse von deutlich mehr als 77 t aufweisen.

Bezugszeichenliste

	1	Turm
	2	Rotor
5	3	oberer Turmabschnitt
	4	Außenwand
	5	unterer Turmabschnitt
	6	Außenwand
	7	Turmachse
10	8	Bezugspunkt
	9	Normale
	10	spitzer Winkel
	11	spitzer Winkel
	12	spitzer Winkel
15	13	erstes Turmsegment
	14	zweites Turmsegment
	15	drittes Turmsegment
	16	Höhe
	17	Höhe
20	18	Höhe
	19	Unterseite / Boden
	20	Höhe
	21	Höhe
	22	Oberseite / Höhe
25		

Patentansprüche

1. Turm für Windenergieanlagen, an dem zumindest ein
vom Wind antreibbarer Rotor (2) drehbar gelagert
5 werden kann, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Turm
(1) mindestens einen sich nach oben hin
verjüngenden Turmabschnitt (3) mit bauchiger, im
Längsschnitt konvexer Außenwand (4) aufweist.
2. Turm nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß
10 der genannte bauchige Turmabschnitt (3) derart
geformt ist, dass ein zwischen der Turmachse (7)
und einer Normalen (9) auf die Außenwand (4)
gebildeter spitzer Winkel (11, 12) mit zunehmender
Höhe des Bezugspunktes (8) im wesentlichen stetig
15 kleiner wird.
3. Turm nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch
gekennzeichnet**, daß der Turm (1) zumindest einen
weiteren sich nach oben verjüngenden Turmabschnitt
(5) mit im wesentlichen kegelmantelförmiger
20 Außenwand (6) aufweist.
4. Turm nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Turm (1) zwei sich
nach oben verjüngende Turmabschnitte (3, 5)
aufweist, wobei ein unterer Turmabschnitt (5) mit
25 im wesentlichen kegelmantelförmiger Außenwand (6)
an seiner Oberseite (20) in seinem Turmabschnitt
(3) mit bauchiger, im Längsschnitt konvexer
Außenwand (4) übergeht, so dass ein zwischen der
Turmachse (7) und einer Normalen (9) auf die
30 Außenwand (8) gebildeter spitzer Winkel (10, 11,
12) im Bereich des unteren Turmabschnitts (5) mit
zunehmender Höhe im wesentlichen konstant bleibt

und im oberen Turmabschnitt im wesentlichen stetig kleiner wird.

5. Turm nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass
5 der genannte spitze Winkel (10, 11, 12) im unteren
Turmabschnitt (5) etwa $89,6^\circ$ beträgt und im oberen
Turmabschnitt (3) von etwa $89,6^\circ$ auf etwa $87,5^\circ$
abnimmt.
6. Turm nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass,
10 bezogen auf eine Turmhöhe von 65 m, der
Turmdurchmesser am Boden (19) etwa 3,90 m, in 16,4
m Höhe (20) etwa 3,78 m, in 38 m Höhe (21) etwa
3,22 m und in 65 m Höhe (22) etwa 2,15 m beträgt.
7. Turm nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
15 **dadurch gekennzeichnet**, daß der Turm im
wesentlichen aus Stahlrohrsegmenten (13, 14, 15)
besteht, wobei bezogen auf eine Turmhöhe von 65 m
ein erstes Turmsegment (13) vom Boden (19) bis in
etwa 16,4 m Höhe (20) reicht und den
20 kegelmantelförmigen Turmabschnitt(5) bildet, an den
sich der konvex bauchige Turmabschnitt (3)
anschließt, der seinerseits aus einem zweiten
Turmsegment (14) von etwa 21,6 m Höhe (17) und
einem dritten Turmsegment (15) von etwa 27,0 m Höhe
(18) besteht.

Fig. 1

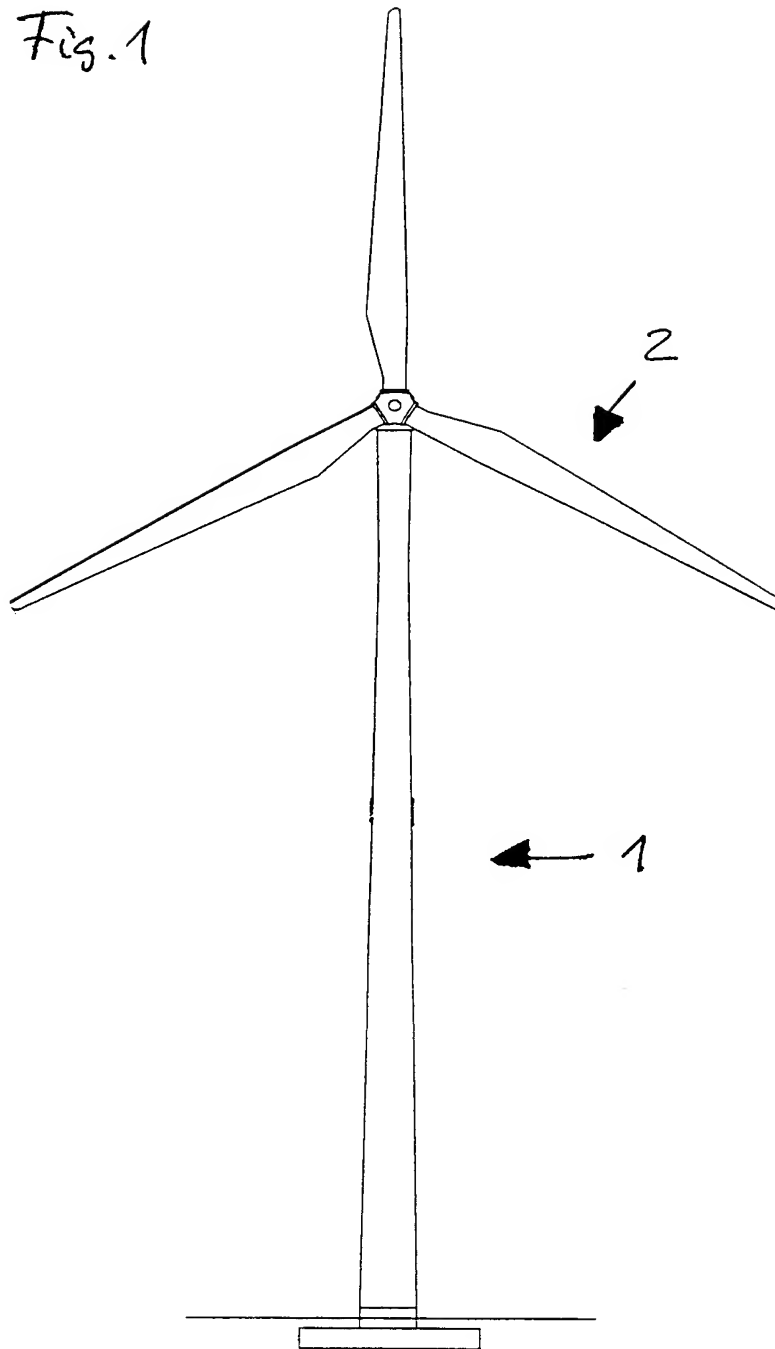
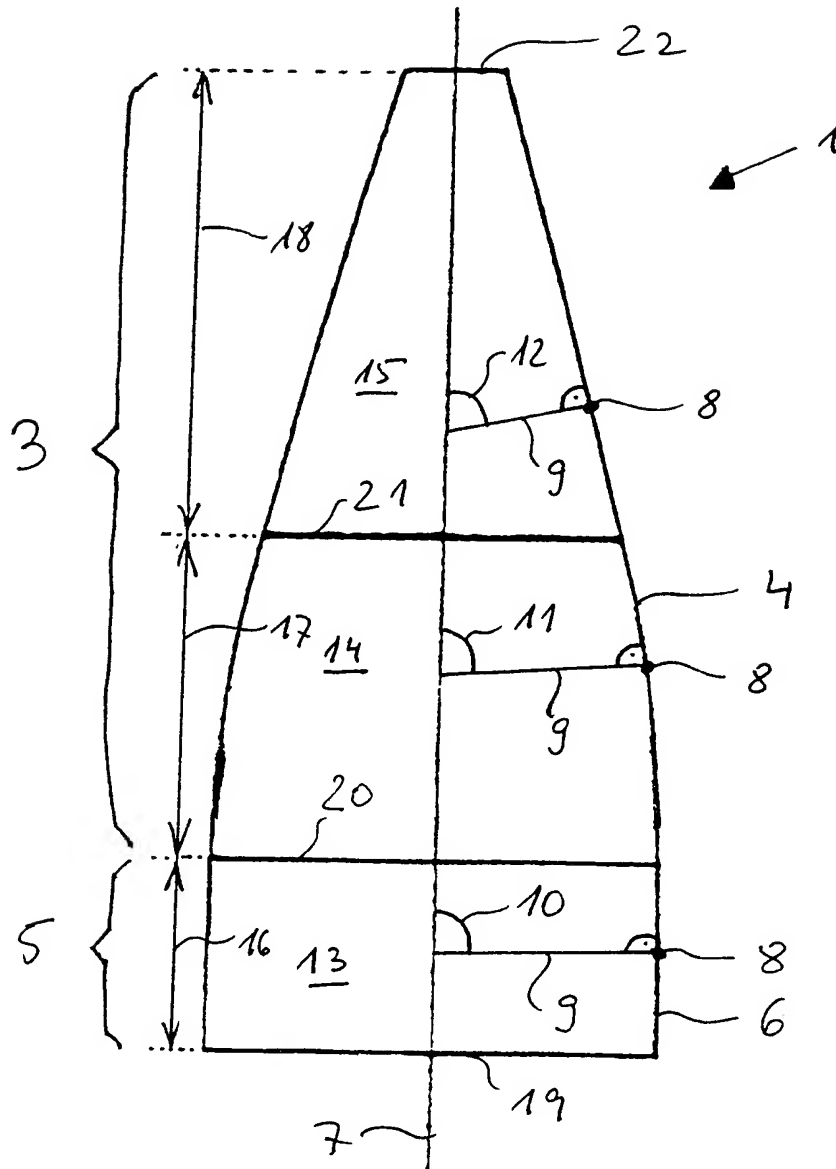


Fig. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 00/02558

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F03D11/04 E04H12/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F03D E04H E04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 692 629 A (WINTER REINHARD) 17 January 1996 (1996-01-17) page 2, line 56 - line 58; figure 1	1-3
A	FR 577 547 A (ÉTABLISSEMENTS ARBEL, FORGES DE DOUAI, FORGES DE COUZON) 6 September 1924 (1924-09-06) page 1, line 24 - line 28; figure 2	1,2
A	DE 38 42 026 A (SCHIFFER DIETRICH F W) 19 July 1990 (1990-07-19)	

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 November 2000

Date of mailing of the international search report

28/11/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Iverus, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/02558

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0692629 A	17-01-1996	DE 9411575 U	15-09-1994
FR 577547 A	06-09-1924	NONE	
DE 3842026 A	19-07-1990	DE 3835213 A	10-05-1990

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationale Aktenzeichen

PCT/EP 00/02558

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F03D11/04 E04H12/08

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F03D E04H E04B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 692 629 A (WINTER REINHARD) 17. Januar 1996 (1996-01-17) Seite 2, Zeile 56 - Zeile 58; Abbildung 1 ---	1-3
A	FR 577 547 A (ÉTABLISSEMENTS ARBEL, FORGES DE DOUAI, FORGES DE COUZON) 6. September 1924 (1924-09-06) Seite 1, Zeile 24 - Zeile 28; Abbildung 2 ---	1,2
A	DE 38 42 026 A (SCHIFFER DIETRICH F W) 19. Juli 1990 (1990-07-19) -----	

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. November 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28/11/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Iverus, D

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/02558

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0692629	A	17-01-1996	DE 9411575 U	15-09-1994
FR 577547	A	06-09-1924	KEINE	
DE 3842026	A	19-07-1990	DE 3835213 A	10-05-1990